

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
28. April 2005 (28.04.2005)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 2005/038225 A1

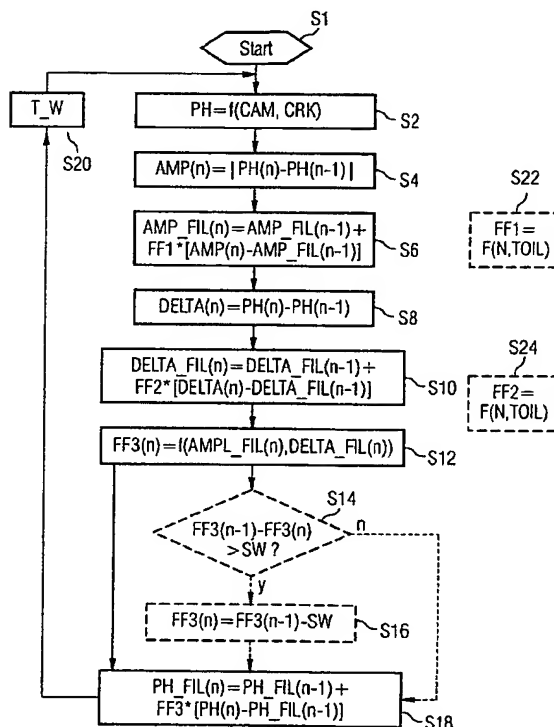
(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: F02D 41/34,  
F01L 1/34  
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2004/052326  
(22) Internationales Anmeldedatum:  
27. September 2004 (27.09.2004)  
(25) Einreichungssprache: Deutsch  
(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch  
(30) Angaben zur Priorität:  
10347516.8 13. Oktober 2003 (13.10.2003) DE  
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von  
US): SIEMENS AKTIENGESellschaft [DE/DE];  
Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

(72) Erfinder; und  
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): HALUSKA, Peter  
[SK/DE]; Isarstrasse 26, 93057 Regensburg (DE).  
(74) Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGE-  
SELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, 80506 München  
(DE).  
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,  
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,  
CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES,  
FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,  
KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD,  
MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG,  
PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR DETERMINING THE PHASE POSITION OF A CAMSHAFT OF AN INTERNAL  
COMBUSTION ENGINE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM ERMITTELN EINER PHASENLAGE EINER NOCKEN-  
WELLE EINER BRENNKRAFTMASCHINE



(57) Abstract: The invention relates to an internal combustion engine comprising a crankshaft, a camshaft and an adjusting device, which is used to adjust the phase position (PH) of the camshaft in relation to the crankshaft. The phase position (PH) is determined in accordance with a detected crankshaft angle (CRK) and a recorded camshaft angle (CAM). A filter coefficient (FF3) of a filter is determined in accordance with the amplitude (AMP) of an oscillation of the phase position (PH) and the modification (DELTA) of said phase position (PH). A filtered phase position (PH\_FIL) of the determined phase position (PH) is calculated using the filter.

(57) Zusammenfassung: Eine Brennkraftmaschine hat eine Kurbelwelle, eine Nockenwelle und eine Verstelleinrichtung, mittels der eine Phasenlage (PH) der Nockenwelle zu der Kurbelwelle verstellt werden kann. Die Phasenlage (PH) wird abhängig von einem erfassten Kurbelwellenwinkel (CRK) und einem erfassten Nockenwellenwinkel (CAM) ermittelt. Ein Filterkoeffizient (FF3) eines Filters wird abhängig von der Amplitude (AMP) einer Schwingung der Phasenlage (PH) und der Änderung (DELTA) der Phasenlage (PH) ermittelt. Eine gefilterte Phasenlage (PH\_FIL) der ermittelten Phasenlage (PH) wird mittels des Filters ermittelt.

## Beschreibung

Verfahren und Vorrichtung zum Ermitteln einer Phasenlage einer Nockenwelle einer Brennkraftmaschine

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Ermitteln einer Phasenlage einer Nockenwelle einer Brennkraftmaschine.

Eine bekannte Brennkraftmaschine hat eine Kurbelwelle, die von Kolben der Zylinder der Brennkraftmaschine mittels Pleuelstangen angetrieben wird. Ferner ist eine Nockenwelle vorgesehen, auf der Nocken ausgebildet sind zum Antrieb von Gas-einlass- und Gasauslassventilen der Brennkraftmaschine. Die Nockenwelle ist mittels eines Übertragers mit der Kurbelwelle gekoppelt und wird von dieser angetrieben. Immer strengere gesetzliche Vorschriften bezüglich des Ausstoßes von Schadstoffen bei Brennkraftmaschinen erfordern wirkungsvolle Maßnahmen zum Reduzieren von Schadstoffemissionen. Stickoxidemissionen (NOX) können sehr wirkungsvoll durch das Rückführen von Abgas in die Brennräume der Zylinder der Brennkraftmaschine reduziert werden. Durch die rückgeführten Abgase in dem Brennraum wird die Spitzentemperatur der Verbrennung des Luft/Kraftstoff-Gemisches gesenkt, was dann zu einer Reduzierung der Stickoxidemissionen führt.

Eine Abgasrückführung kann in der Brennkraftmaschine besonders gut durch eine sogenannte interne Abgasrückführung erreicht werden. Bei einer internen Abgasrückführung wird der Kurbelwellenwinkelbereich, während dessen sowohl das Gaseinlassventil den Einlass zum Zylinder freigibt als auch das Gasauslassventil den Auslass freigibt, zu dem ein Abgaskanal geführt ist, entsprechend der gewünschten Abgasrückführtrate eingestellt. Dieser Kurbelwellenwinkelbereich wird häufig auch mit Ventilüberschneidung bezeichnet.

Aus der DE 101 08 055 C1 ist eine Brennkraftmaschine bekannt mit einer Nockenwelle, deren Phasenlage zu der Kurbelwelle mittels einer Verstelleinrichtung verstellbar ist. Die Verstelleinrichtung ist hydraulisch ansteuerbar.

5

Je nachdem in welchem Betriebspunkt sich die Brennkraftmaschine befindet, müssen sehr unterschiedliche Abgasrückführ-  
raten eingestellt werden. Dies gilt auch für die unterschied-  
lichen Betriebsmodi, wie sie beispielsweise bei Brennkraftma-  
schinen mit Einspritzventilen auftreten, die den Kraftstoff  
10 direkt in den Brennraum des Zylinders zumessen. Diese Be-  
triebsmodi sind beispielsweise ein Schicht-Betrieb oder ein  
Homogen-Betrieb. Es ergibt sich somit die Anforderung sehr  
schnell die Abgasrückführaten von hohen auf niedrige und um-  
15 gekehrt einzustellen und gleichzeitig die Abgasrückführate  
sehr präzise einzustellen. Die DE 101 08 055 C1 offenbart,  
die Phasenlage abhängig von dem Nockenwellenwinkel und dem  
Kurbelwellenwinkel zu ermitteln.

20 Die Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren und eine Vor-  
richtung zu schaffen, das beziehungsweise die ein genaues Er-  
fassen der Phasenlage zwischen einer Nockenwelle und einer  
Kurbelwelle einer Brennkraftmaschine ermöglicht.

25 Die Aufgabe wird gelöst durch die Merkmale der unabhängigen  
Patentansprüche. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung  
sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

Die Erfindung zeichnet sich aus durch ein Verfahren und eine  
30 entsprechende Vorrichtung zum Ermitteln einer Phasenlage ei-  
ner Nockenwelle einer Brennkraftmaschine mit einer Kurbelwel-  
le, einer Nockenwelle und einer Verstelleinrichtung, mittels  
der die Phasenlage der Nockenwelle zu der Kurbelwelle ver-  
stellt werden kann. Eine Phasenlage wird abhängig von einem  
35 erfassten Kurbelwellenwinkel und einem erfassten Nockenwel-  
lenwinkel ermittelt. Ein Filterkoeffizient eines Filters wird  
abhängig von der Amplitude einer Schwingung der Phasenlage

und der Änderung der Phasenlage ermittelt. Eine gefilterte Phasenlage der ermittelten Phasenlage wird mittels des Filters ermittelt.

- 5 Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass insbesondere bei Brennkraftmaschinen, deren Nockenwelle oder Nockenwellen auf wenige Gaswechselventile einwirken, wie dies beispielsweise bei einer V6-Brennkraftmaschine mit zwei Nockenwellen, die jeweils den Gaswechselventilen oder nur den Gas-
- 10 einlassventilen dreier Zylinder zugeordnet sind, starke der Drehbewegung der Nockenwelle überlagerte Schwingungen auftreten aufgrund der Ventilbewegungen der Gaswechselventile. Dies führt dann zu einer ungenauen Erfassung der Phasenlage und damit im Falle einer Regelung der Phasenlage zur Verringerung
- 15 der Regelungsgüte, insbesondere im Stationärbetrieb der Regelung.

Durch das erfindungsgemäße Filtern der Phasenlage kann bei geeigneter Wahl der Filterkoeffizienten abhängig von der Amplitude der Schwingung der Phasenlage und der Änderung der

20 Phasenlage sowohl ein sehr gutes Dynamikverhalten bei der Einstellung einer gewünschten Phasenlage gewährleistet werden als auch die stationäre Genauigkeit bei der Einstellung der Phasenlage verbessert werden.

25 In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung erfolgt die Filterung mittels eines nichtrekursiven Filters erster Ordnung. Dies hat den Vorteil, dass die Filterung besonders einfach ist.

30 In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird die Änderung der Phasenlage gefiltert und der Filterkoeffizient abhängig von der gefilterten Änderung der Phasenlage ermittelt. Dies hat den Vorteil, dass die Phasenlage einfach und sehr genau bestimmt werden kann.

35

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung erfolgt die Filterung der Änderung der Phasenlage abhängig von der Drehzahl und/oder einer Öltemperatur. Dies hat den Vorteil, dass die Drehzahl und/oder Öltemperatur charakteristisch sind für die Pumpleistung einer Hydraulikpumpe und damit für eine mögliche Dynamik einer hydraulisch angesteuerten Verstelleinrichtung.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird die Amplitude der Schwingung der Phasenlage gefiltert und der Filterkoeffizient abhängig von der gefilterten Amplitude der Schwingung der Phasenlage ermittelt. Dies hat den Vorteil, dass die Phasenlage einfach und sehr genau bestimmt werden kann.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung erfolgt die Filterung der Amplitude abhängig von der Drehzahl und/oder einer Öltemperatur. Dies hat den Vorteil, dass die Drehzahl und/oder Öltemperatur charakteristisch sind für die Pumpleistung einer Hydraulikpumpe und damit für eine mögliche Dynamik einer hydraulisch angesteuerten Verstelleinrichtung.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird das Verringern des Filterkoeffizienten innerhalb einer vorgegebenen Zeitdauer oder innerhalb eines vorgegebenen Kurbelwellenwinkelabschnitts auf einen vorgegebenen Schwellenwert begrenzt. Dadurch kann bei einem plötzlichen Wechsel von zunehmender Phasenlage zu abnehmender Phasenlage oder umgekehrt verhindert werden, dass der Filterkoeffizient von einem hohen Wert kurzfristig auf einen niedrigen Wert herabgesetzt wird mit der Folge einer dann starken Filterung der Phasenlage, was bei einem derartigen instationären Verlauf der Phasenlage unerwünscht ist.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung erfolgt die Filterung mittels eines nichtrekursiven Filters

der Ordnung zwei oder höher. Dadurch ist ein noch präziseres Filtern der Phasenlage möglich.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden im folgenden anhand  
5 der schematischen Zeichnungen erläutert. Es zeigen:

- Figur 1 eine Brennkraftmaschine mit einer Steuereinrichtung,  
Figur 2 eine weitere Ansicht von Teilen der Brennkraftma-  
10 schine,  
Figur 3 ein Ablaufdiagramm eines Programms zum Ermitteln einer Phasenlage einer Nockenwelle zu einer Kurbelwelle der Brennkraftmaschine gemäß Figur 1 und 2,  
und  
15 Figur 4 ein Ablaufdiagramm eines Programms zum Einstellen der Phasenlage zwischen der Nockenwelle und der Kurbelwelle.
- 20 Elemente gleicher Konstruktion und Funktion sind figurenübergreifend mit den gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet.

Eine Brennkraftmaschine (Figur 1) umfasst einen Ansaugtrakt 1, einen Motorblock 2, einen Zylinderkopf 3 und einen Abgas-  
25 trakt 4. Der Ansaugtrakt umfasst vorzugsweise eine Drosselklappe 11, ferner einen Sammler 12 und ein Saugrohr 13, das hin zu einem Zylinder Z1 über einen Einlasskanal in den Motorblock geführt ist. Der Motorblock umfasst ferner eine Kurbelwelle 21, welche über eine Pleuelstange 25 mit dem Kolben  
30 24 des Zylinders Z1 gekoppelt ist.

Der Zylinderkopf umfasst einen Ventiltrieb mit einem Einlassventil 30, einem Auslassventil 31 und Ventilantrieben 32, 33. Der Antrieb des Gaseinlassventils 30 und des Gasauslassven-  
35 tils 31 erfolgt mittels einer Nockenwelle 36 (siehe Figur 2), auf der Nocken 39 ausgebildet sind, die auf das Gaseinlassventil 30 bzw. das Gasauslassventil 31 einwirken, oder gege-

benenfalls mittels zweier Nockenwellen, wobei je eine dem Gaseinlassventil 30 und dem Gasauslassventil 31 zugeordnet ist.

- 5 Der Antrieb für das Gaseinlassventil 30 und/ oder das Gasauslassventil 31 umfasst vorzugsweise neben der Nockenwelle 36 eine Verstelleinrichtung 37, die einerseits mit der Nockenwelle 36 und andererseits mit der Kurbelwelle 21 gekoppelt ist, z. B. über Zahnkränze, die über eine Kette miteinander
- 10 gekoppelt sind. Mittels der Verstelleinrichtung 37 kann die Phasenlage zwischen der Kurbelwelle 21 und der Nockenwelle 36 verstellt werden. Die Anordnung der Zahnkränze und der Kette bildet einen Übertrager.
- 15 Dies erfolgt im vorliegenden Ausführungsbeispiel durch Erhöhen des hydraulischen Drucks in den Hochdruckkammern 37a der Verstelleinrichtung 37 bzw. Erniedrigen des entsprechenden Drucks, je nachdem in welche Richtung die Verstellung erfolgen soll. Der mögliche Verstellbereich ist in der Figur 2 mit
- 20 dem Pfeil 37b gekennzeichnet.

- Falls zwei Nockenwellen 36 vorgesehen sind kann beispielsweise die Verstelleinrichtung 37 nur einer Nockenwelle 36 zugeordnet sein, während die andere Nockenwelle direkt mittels
- 25 des Übertragers von der Kurbelwelle 21 angetrieben wird. In diesem Fall kann die Ventilüberschneidung des Gaseinlassventils 30 und des Gasauslassventils 31 verändert werden, d.h. der Kurbelwellenwinkelbereich, während dessen sowohl ein Einlass als auch ein Auslass des Zylinders freigegeben wird. Ein
- 30 Verändern der Ventilüberschneidung ist auch möglich, wenn zwei Nockenwellen 36 zwei separate Verstelleinrichtungen 37 zugeordnet sind.

- Der Zylinderkopf 3 (Figur 1) umfasst ferner ein Einspritzventil 34 und eine Zündkerze 35. Alternativ kann das Einspritzventil auch in dem Saugrohr 13 angeordnet sein.
- 35

Der Abgastrakt 4 umfasst einen Katalysator 40.

5 Ferner ist eine Steuereinrichtung 6 vorgesehen, der Sensoren zugeordnet sind, die verschiedene Messgrößen erfassen und jeweils den Messwert der Messgröße ermitteln. Die Steuereinrichtung 6 ermittelt abhängig von mindestens einer der Messgrößen Stellgrößen, die dann in ein oder mehrere Stellsignale zum Steuern der Stellglieder mittels entsprechender Stellantriebe umgesetzt werden.

10

Die Sensoren sind ein Pedalstellungsgeber 71, welcher die Stellung eines Fahrpedals 7 erfasst, ein Luftmassenmesser 14, welcher einen Luftmassenstrom stromaufwärts der Drosselklappe 11 erfasst, ein Temperatursensor 15, welcher die Ansauglufttemperatur erfasst, ein Drucksensor 16, welcher den Saugrohrdruck MAP erfasst, ein Kurbelwellenwinkelsensor 22, welcher einen Kurbelwellenwinkel CRK erfasst, dem eine Drehzahl N zugeordnet wird, ein weiterer Temperatursensor 23, welcher eine Kühlmitteltemperatur erfasst, ein Nockenwellenwinkelsensor 20 36a, welcher den Nockenwellenwinkel CAM erfasst, ein weiterer Temperatursensor 25, welcher eine Öltemperatur TOIL erfasst und eine Sauerstoffsonde 41 welche einen Restsauerstoffgehalt des Abgases erfasst. Je nach Ausführungsform der Erfindung kann eine beliebige Untermenge der genannten Sensoren oder 25 auch zusätzliche Sensoren vorhanden sein.

Die Stellglieder sind beispielsweise die Drosselklappe 11, die Gaseinlass- und Gasauslassventile 30, 31, das Einspritzventil 34, die Zündkerze 35 und die Verstellereinrichtung 37

30

Die Brennkraftmaschine kann neben dem Zylinder Z1 auch noch weitere Zylinder Z2-Z4 umfassen, denen dann auch entsprechende Stellglieder zugeordnet sind.

35 Ein Programm zum Ermitteln der Phasenlage PH zwischen der Kurbelwelle 21 und der Nockenwelle 36 wird in einem Schritt



S1 (Figur 1) gestartet, in dem gegebenenfalls Variablen initialisiert werden.

5 In einem Schritt S2 wird die Phasenlage PH abhängig von dem Kurbelwellenwinkel CRK und dem Nockenwellenwinkel CAM ermittelt. Dies erfolgt beispielsweise mittels Auszählen von Zahnflanken eines Kurbelwellenwinkelgebers des Kurbelwellenwinkelsensors 22 bezogen auf eine Referenzposition auf der Nockenwelle 36 und anschließendes Umrechnen in die Phasenlage  
10 PH.

15 In einem Schritt S4 wird eine Amplitude AMP einer Schwingung der Phasenlage PH ermittelt. Ein in Klammern gesetztes n bedeutet jeweils ein im aktuellen Berechnungszyklus des Programms erfasster oder ermittelter Wert. Ein in Klammern gesetztes n-1 bedeutet dementsprechend ein bei dem letzten Berechnungszyklus des Programms ermittelter oder erfasster Wert.

20 Die aktuelle Amplitude AMP(n) der Schwingung der Phasenlage PH wird durch Betragsbildung der Differenz zwischen der aktuellen Phasenlage PH(n) und der in dem vorangegangenen Berechnungszyklus ermittelten Phasenlage PH(n-1) ermittelt.

25 In einem Schritt S6 wird eine gefilterte Amplitude AMP\_FIL(n) durch Filtern der aktuell ermittelten Amplitude AMP(n) mit einem Filter erster Ordnung ermittelt. Das Filter erster Ordnung hat einen Filterkoeffizienten FF1, der entweder fest vorgegeben ist, vorteilhaft jedoch vorab in einem Schritt S22  
30 abhängig von der Drehzahl N und/oder der Öltemperatur TOIL ermittelt wird. Dies erfolgt vorzugsweise mittels einer Kennlinie oder eines Kennfeldes und zwar durch Kennlinien- oder Kennfeldinterpolation. Die Kennlinie oder das Kennfeld sind durch entsprechende Versuche an einem Motorprüfstand oder  
35 durch Simulationen ermittelt.

In einem Schritt S8 wird die aktuelle Änderung  $\Delta(n)$  der Phasenlage PH durch Bilden der Differenz zwischen der aktuellen Phasenlage  $PH(n)$  und der vorangegangenen Phasenlage  $PH(n-1)$  ermittelt.

5

In einem Schritt S10 wird eine gefilterte Änderung  $\Delta_{FIL}(n)$  mittels eines Filters erster Ordnung durch Filtern der aktuellen Änderung  $\Delta(n)$  ermittelt. Der Filterkoeffizient FF2 des zweiten Filters kann fest vorgegeben sein, wird jedoch bevorzugt vorab in einem Schritt S24 abhängig von der Drehzahl N und/oder einer Öltemperatur TOIL ermittelt und zwar ebenso wie im Schritt S22 vorzugsweise mittels Kennfeld- oder Kennlinieninterpolation.

15 In einem Schritt S12 wird dann der aktuelle Filterkoeffizient  $FF3(n)$  für eine weiteres Filter ermittelt und zwar abhängig von der gefilterten Amplitude  $AMP_{FIL}(n)$  und der gefilterten Änderung  $\Delta_{FIL}(n)$  der Phasenlage PH. Dies erfolgt vorzugsweise mittels Kennfeldinterpolation aus einem Kennfeld, das vorab durch Versuche an einem Motorprüfstand ermittelt wurde. Die Kennfeldwerte sind vorzugsweise so gewählt, dass in den Fällen, in denen die gefilterte Amplitude  $AMP_{FIL}(n)$  der Schwingung der Phasenlage in etwa gleich ist der gefilterten Änderung  $\Delta_{FIL}(n)$  der Phasenlage PH relativ groß sind, beispielsweise den Wert 0,7 haben. Wenn andererseits die gefilterte Änderung  $\Delta_{FIL}(n)$  nahezu den Wert null hat und die gefilterte Amplitude  $AMP_{FIL}(n)$  einen deutlich größeren Wert als null hat, sind die Kennfeldwerte bevorzugt sehr klein gewählt und zwar zum Beispiel mit Werten von 0,1 bis 20 0,2.

In einem Schritt S18 wird dann eine gefilterte aktuelle Phasenlage  $PH_{FIL}(n)$  durch Filtern der aktuellen Phasenlage  $PH(n)$  mittels eines Filters erster Ordnung mit dem Filterkoeffizienten FF3 ermittelt.

35

Bevorzugt wird nach dem Schritt S12 die Bearbeitung in einem Schritt S14 fortgesetzt, in dem geprüft wird, ob die Differenz des Filterkoeffizienten  $FF3(n-1)$ , der in dem vorangegangenen Berechnungsdurchlauf ermittelt wurde, und des aktuell

5 ermittelten Filterkoeffizienten  $FF3(n)$  größer ist als ein vorgegebener Schwellenwert SW. Ist dies nicht der Fall so wird die Bearbeitung direkt in dem Schritt S18 fortgesetzt.

Ist die Bedingung des Schrittes S14 hingegen erfüllt, so wird

10 in einem Schritt S16 dem aktuellen Filterkoeffizienten  $FF3(n)$  die Differenz des in dem vorangegangenen Berechnungszyklus ermittelten Filterkoeffizienten  $FF3(n-1)$  und des Schwellenwertes SW zugeordnet. Dadurch wird erreicht, dass sich der Filterkoeffizient  $FF3$  von einem Berechnungszyklus zu dem

15 nächsten Berechnungszyklus maximal um den Schwellenwert SW ändert. Dadurch kann bei einem plötzlichen Wechsel von zunehmender Phasenlage PH zu abnehmender Phasenlage PH oder umgekehrt verhindert werden, dass der Filterkoeffizient  $FF3$  von einem hohen Wert kurzfristig auf einen niedrigen Wert herab-

20 gesetzt wird mit der Folge einer dann starken Filterung der Phasenlage PH, was bei einem derartigen instationären Verlauf der Phasenlage PH unerwünscht ist.

Das Programm verharret für eine vorgegebene Wartezeitdauer  $T_W$

25 in einem Schritt S20, bevor die Bearbeitung erneut im Schritt S2 fortgesetzt wird. Alternativ kann das Programm in dem Schritt S20 auch für einen vorgegebenen Kurbelwellenwinkel verharren, bevor die Bearbeitung erneut in dem Schritt S2 fortgesetzt wird. Das erneute Bearbeiten der Schritte S2 bis

30 S18 entspricht dann dem nächsten Berechnungszyklus.

Parallel zu dem Ermitteln der gefilterten Phasenlage  $PH_{FIL}$  wird im Programm gemäß Figur 3 ein weiteres Programm abgearbeitet, das ein Stellsignal S (Figur 4) zum Steuern der Ver-

35 stelleinrichtung 37 ermittelt.

Das Programm wird in einem Schritt S26 gestartet und zwar vorzugsweise zeitnah zum Start der Brennkraftmaschine. In einem Schritt S28 wird eine Abgasrückführtrate EGR ermittelt und zwar abhängig von einem geforderten Drehmoment  $TQ\_REQ$ , das von der Brennkraftmaschine erzeugt werden soll und das vorzugsweise abhängig von der Stellung des Fahrpedals und gegebenenfalls weiteren Drehmomentanforderungen, wie denen eines ABS- oder ESP-Systems, ermittelt wird. Die Abgasrückführtrate wird vorteilhaft auch abhängig von einem Betriebsmodus MOD der Brennkraftmaschine ermittelt, der beispielsweise ein Schicht-Betrieb oder ein Homogen-Betrieb der Brennkraftmaschine sein kann. Die Abgasrückführtrate EGR kann auch abhängig von weiteren Betriebsgrößen der Brennkraftmaschine ermittelt werden.

In einem Schritt S30 wird dann ein Sollwert  $PH\_SP$  der Phasenlage abhängig von der Abgasrückführtrate EGR, dem Saugrohrdruck MAP und abhängig von der Drehzahl N und gegebenenfalls weiteren Betriebsgrößen ermittelt.

In einem Schritt S32 wird dann das Stellsignal S zum Ansteuern der Verstelleinrichtung 37 abhängig von dem Sollwert  $PH\_SP$  der Phasenlage und der gefilterten Phasenlage  $PH\_FIL(n)$  ermittelt. Dies erfolgt vorzugsweise mittels eines Reglers der als P-, PI- oder PID-Regler ausgebildet ist.

Die Verstelleinrichtung 37 wird dann mit dem Stellsignal S angesteuert. Nach dem Schritt S32 verharret das Programm dann für die vorgegebene Wartezeitdauer  $T\_W$  in einem Schritt S34. Alternativ kann das Programm auch in dem Schritt S34 auch für einen vorgegebenen Kurbelwellenwinkel verharren, bevor die Bearbeitung erneut in dem Schritt S28 fortgesetzt wird.

Durch eine geeignete Wahl des Filterkoeffizienten FF3 kann die Regelgüte des Reglers des Schrittes S28 sehr stark erhöht werden und ein gutes dynamisches Verhalten und gleichzeitig eine hohe stationäre Regelgenauigkeit erreicht werden. Dies

führt dazu, dass die Abgasrückführrate EGR in dem Zylinder Z1 sehr schnell und stationär genau eingestellt werden kann, was dann entscheidend beiträgt zu geringen Stickoxidemissionen.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Ermitteln einer Phasenlage einer Nockenwelle einer Brennkraftmaschine mit einer Kurbelwelle (21), einer  
5 Nockenwelle (36) und einer Verstelleinrichtung (37), mittels der die Phasenlage (PH) der Nockenwelle (21) zu der Kurbelwelle (37) verstellt werden kann,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass  
- die Phasenlage (PH) abhängig von einem erfassten Kurbelwellenwinkel (CRK) und einem erfassten Nockenwellenwinkel  
10 (CRM) ermittelt wird,  
- ein Filterkoeffizient (FF3) eines Filters abhängig von der Amplitude (AMP) einer Schwingung der Phasenlage (PH) und der Änderung (DELTA) der Phasenlage (PH) ermittelt wird und  
15 - eine gefilterte Phasenlage (PH\_FIL) der ermittelten Phasenlage (PH) mittels des Filters ermittelt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass  
20 die Filterung mittels eines nichtrekursiven Filters erster Ordnung erfolgt.
3. Verfahren nach Anspruch 1,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass  
25 die Änderung (DELTA) der Phasenlage (PH) gefiltert wird und der Filterkoeffizient (FF3) abhängig von der gefilterten Änderung (DELTA\_FIL) der Phasenlage (PH) ermittelt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3,  
30 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass die Filterung der Änderung (DELTA) der Phasenlage (PH) abhängig von der Drehzahl (N) und/oder einer Öltemperatur (TOIL) erfolgt.
- 35 5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass die Amplitude (AMP) der Schwingung der Phasenlage (PH) gefiltert wird und der Filterkoeffizient (FF3) abhängig von der

gefilterten Amplitude (AMP\_FIL) der Schwingung der Phasenlage (PH) ermittelt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5,  
5    d a d u r c h    g e k e n n z e i c h n e t,    dass  
die Filterung der Amplitude (AMP) abhängig von der Drehzahl (N) und/oder der Öltemperatur (TOIL) erfolgt.
7. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,  
10    d a d u r c h    g e k e n n z e i c h n e t,    dass  
das Verringern des Filterkoeffizienten (FF3) innerhalb einer vorgegebenen Zeitdauer oder innerhalb eines vorgegebenen Kurbelwellenwinkelabschnitts auf einen vorgegebenen Schwellenwert (SW) begrenzt wird.  
15
8. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,  
d a d u r c h    g e k e n n z e i c h n e t,    dass  
die Filterung mittels eines nichtrekursiven Filters der Ordnung zwei oder höher erfolgt.  
20
9. Vorrichtung zum Ermitteln einer Phasenlage einer Nockenwelle einer Brennkraftmaschine mit einer Kurbelwelle (21), einer Nockenwelle (36) und einer Verstelleinrichtung (37), mittels der die Phasenlage (PH) der Nockenwelle (36) zu der  
25    Kurbelwelle (21) verstellt werden kann,  
d a d u r c h    g e k e n n z e i c h n e t,    dass  
- erste Mittel vorgesehen sind, die die Phasenlage (PH) abhängig von einem erfassten Kurbelwellenwinkel (CRK) und einem erfassten Nockenwellenwinkel (CAM) ermitteln,  
30    - zweite Mittel vorgesehen sind, die einen Filterkoeffizienten (FF3) eines Filters abhängig von der Amplitude (AMP) einer Schwingung der Phasenlage (PH) und der Änderung (DELTA) der Phasenlage (PH) ermitteln, und  
- dritte Mittel vorgesehen sind, die eine gefilterte Phasenlage (PH\_FIL) der ermittelten Phasenlage (PH) mittels des  
35    Filters ermitteln.

1/3

FIG 1

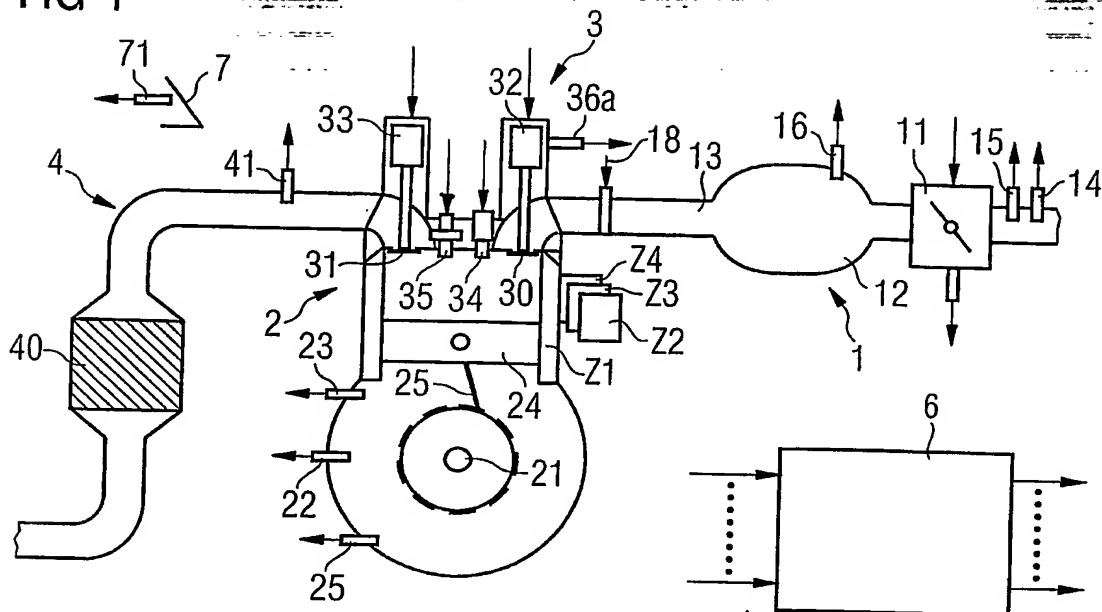
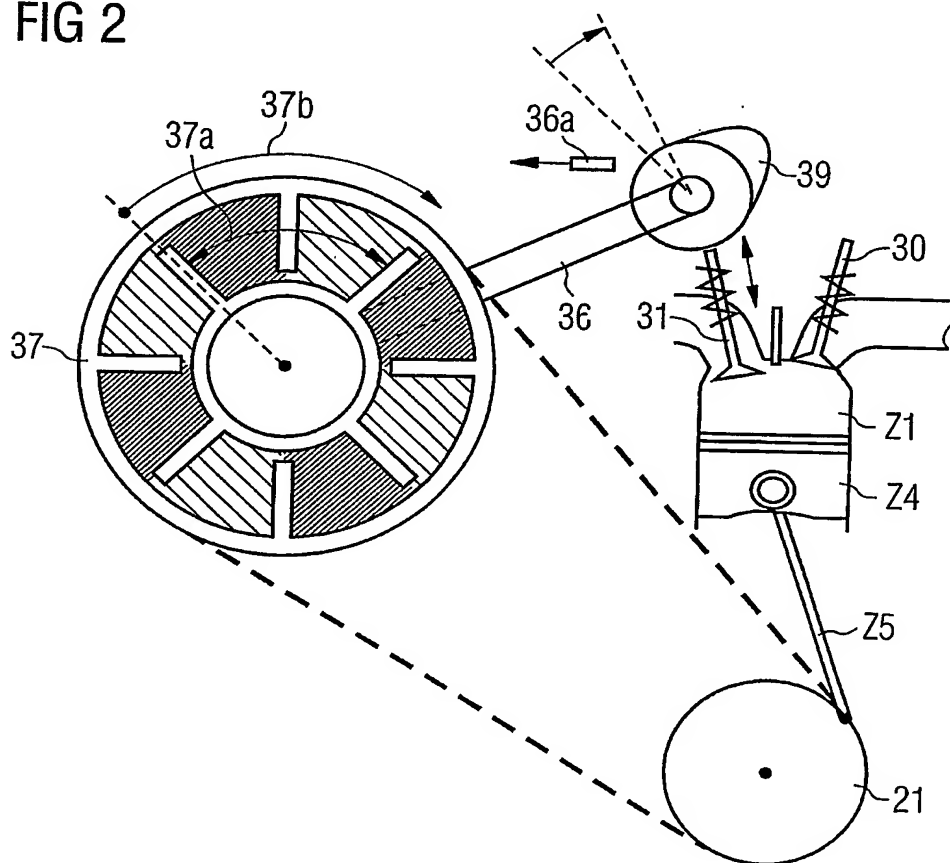


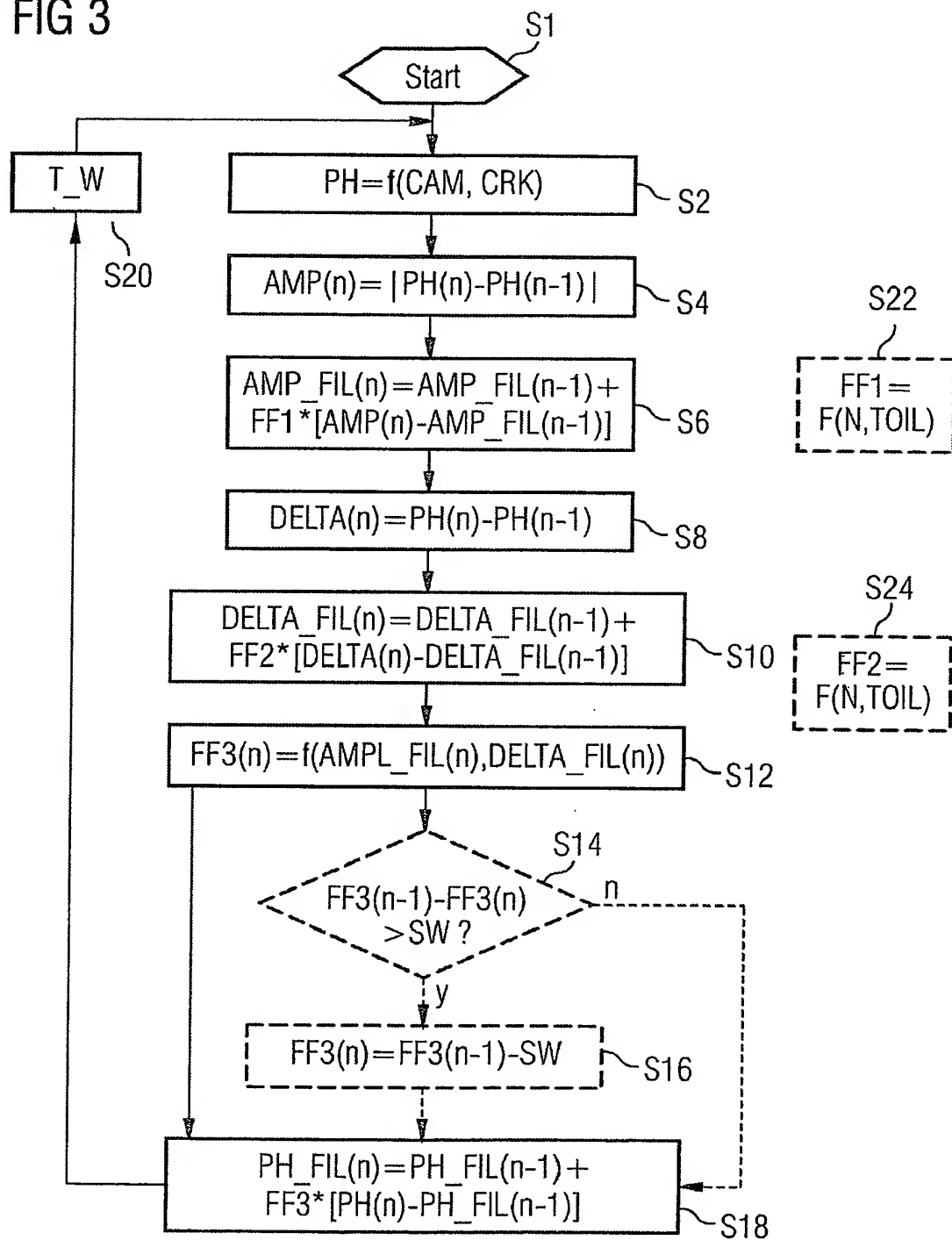
FIG 2





2/3

FIG 3



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP2004/052326

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> IPC 7 F02D41/34 F01L1/34				
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC				
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 F02D F01L				
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched				
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal, PAJ, WPI Data				
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>				
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.		
A	EP 1 201 886 A (NISSAN MOTOR) 2 May 2002 (2002-05-02) paragraphs '0053! - '0067!	1,9		
A	US 5 218 935 A (SIEMON EDWARD C ET AL) 15 June 1993 (1993-06-15) column 5, line 45 - column 6, line 5; figures 1g,1h	1,9		
A	US 6 101 993 A (LEWIS DONALD J ET AL) 15 August 2000 (2000-08-15) abstract column 1, line 18 - column 2, line 12	1,9		
A	DE 101 08 055 C (SIEMENS AG) 8 August 2002 (2002-08-08) cited in the application paragraph '0017!	1		
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C. <input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.				
* Special categories of cited documents : <table border="0"> <tr> <td>           "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance            "E" earlier document but published on or after the international filing date            "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)            "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means            "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed         </td> <td>           "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention            "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone            "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.            "&amp;" document member of the same patent family         </td> </tr> </table>			"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. "&" document member of the same patent family
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. "&" document member of the same patent family			
Date of the actual completion of the international search 6 January 2005		Date of mailing of the international search report 19/01/2005		
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Röttger, K		

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No  
PCT/EP2004/052326

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 1201886	A	02-05-2002	JP 2002130038 A	09-05-2002
			DE 60102650 D1	13-05-2004
			DE 60102650 T2	12-08-2004
			EP 1201886 A1	02-05-2002
			US 2002056424 A1	16-05-2002
US 5218935	A	15-06-1993	US 5497738 A	12-03-1996
US 6101993	A	15-08-2000	FR 2790086 A1	25-08-2000
			GB 2346977 A ,B	23-08-2000
DE 10108055	C	08-08-2002	DE 10108055 C1	08-08-2002
			FR 2821114 A1	23-08-2002
			US 2002112683 A1	22-08-2002

31 MAY 2005

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
PCT/EP2004/052326

## A. KLASSTIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 F02D41/34 F01L1/34

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 F02D F01L

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 1 201 886 A (NISSAN MOTOR) 2. Mai 2002 (2002-05-02) Absätze '0053! - '0067!	1,9
A	US 5 218 935 A (SIEMON EDWARD C ET AL) 15. Juni 1993 (1993-06-15) Spalte 5, Zeile 45 - Spalte 6, Zeile 5; Abbildungen 1g,1h	1,9
A	US 6 101 993 A (LEWIS DONALD J ET AL) 15. August 2000 (2000-08-15) Zusammenfassung Spalte 1, Zeile 18 - Spalte 2, Zeile 12	1,9
A	DE 101 08 055 C (SIEMENS AG) 8. August 2002 (2002-08-08) in der Anmeldung erwähnt Absatz '0017!	1

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*&\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

6. Januar 2005

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

19/01/2005

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Röttger, K

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/052326

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 1201886	A	02-05-2002	JP	2002130038 A	09-05-2002
			DE	60102650 D1	13-05-2004
			DE	60102650 T2	12-08-2004
			EP	1201886 A1	02-05-2002
			US	2002056424 A1	16-05-2002
US 5218935	A	15-06-1993	US	5497738 A	12-03-1996
US 6101993	A	15-08-2000	FR	2790086 A1	25-08-2000
			GB	2346977 A , B	23-08-2000
DE 10108055	C	08-08-2002	DE	10108055 C1	08-08-2002
			FR	2821114 A1	23-08-2002
			US	2002112683 A1	22-08-2002